

УДК 631.3

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИХ КЛАССИФИКАЦИИ**

*канд. техн. наук, доц. А.П. КАСТРЮК; канд. техн. наук, доц. А.В. ДУДАН;
канд. техн. наук Т.В. ВИГЕРИНА
(Полоцкий государственный университет)*

Рассматривается вопрос о необходимости классификации деталей ремонтного фонда, использование которой значительно сократит объем технологической и организационной подготовки. При определении маршрутов восстановления деталей используется не несколько маршрутов для устранения каждого из дефектов, а создаются типовые маршрутные технологии для групп деталей. Для классификации деталей используют различные признаки, которыми могут быть: геометрическая форма детали и ее отдельных элементов, масса, размеры, функции, выполняемые деталью, материал, показатели точности и др. Приведена классификация основных деталей двигателя внутреннего сгорания, составлена таблица основных элементов деталей, видов нагрузок и повреждений, восстанавливаемых параметров и свойств.

Введение. Существующий парк машин формирует потребность в поддержании их исправного состояния. В настоящее время в народном хозяйстве Республики Беларусь капитально отремонтированных машин находится больше, чем новых, поэтому актуальным является совершенствование процессов и средств ремонта, которые обеспечивают повышение работоспособности машин и двигателей со снижением расхода энергетических ресурсов. Большие объемы ремонтного фонда деталей и значительная его доля, требующая восстановления, определяют целесообразность организации производства по восстановлению деталей.

Изучение деталей ремонтного фонда требует их классификации. Разделение восстанавливаемых деталей на группы с одинаковыми признаками (классификация) сокращает объем технологической и организационной подготовки производства путем приведения его к типовому или модульному видам как наиболее прогрессивным в техническом и экономическом отношениях. В ремонтном производстве применяют классификации деталей К.Т. Кошкина и Г.А. Малышева. Известно, что детали, требующие восстановления, имеют, как правило, не один дефект, а несколько. Их количество зависит от конструкции детали. Чем сложнее деталь, тем количество возможных дефектов на ней будет больше. При организации восстановления деталей ранее применялась так называемая подефектная технология, при которой технологические процессы разрабатывались на устранение каждого дефекта в отдельности, приходилось разрабатывать большое количество технологических процессов для восстановления одной и той же детали. Подефектная технология значительно усложняла организацию восстановления деталей, так как при устранении на детали нескольких дефектов необходимо было пользоваться несколькими технологическими процессами, что приводило к снижению качества ремонта.

Наиболее рациональной формой организации восстановления деталей является маршрутная технология. При определении маршрутов восстановления деталей необходимо руководствоваться следующими основными принципами, сформулированными профессором К.Т. Кошкиным [1]:

1) *сочетание дефектов в каждом маршруте должно быть присуще данной детали*, что устанавливается путем проведения специальных исследований, при которых определяют сочетания дефектов на большом количестве деталей одного наименования, выявляют повторяющиеся сочетания и частоту их наблюдения;

2) *минимальное количество маршрутов восстановления каждой детали*. Большое количество маршрутов усложняет организацию производства, увеличивает объем технологической документации, требует расширения складских помещений, затрудняет планирование и учет работы производственных участков. Поэтому количество маршрутов по каждой детали должно быть в пределах двух-трех, а для сложных деталей не более пяти. Уменьшить количество маршрутов можно за счет объединения сочетаний дефектов, отличающихся между собой незначительными по трудоемкости устранения дефектами, в одно. Значительного сокращения количества маршрутов можно достигнуть и за счет включения в них дефектов, расположенных на взаимосвязанных поверхностях детали. Количество маршрутов можно уменьшить также путем исключения маршрутов с редко встречающимися сочетаниями дефектов;

3) *при формировании маршрутов необходимо учитывать применяемый способ восстановления*. Если у чашки дифференциала изношено отверстие под шейку шестерни полуоси и принят способ восстановления гильзованием, при котором одновременно устраняют два дефекта (износ отверстия и износ торцевой поверхности), то в сочетание дефектов, подлежащих устранению, необходимо включить оба дефекта вне зависимости от того, имеется один из них или есть оба одновременно;

4) *экономическая целесообразность при восстановлении детали по выбранному маршруту*. Если затраты на восстановление детали, отнесенные к единице её наработки, будут меньше соответствующих удельных затрат на изготовление детали, то её восстановление по данному маршруту считается целесообразным.

При классификации деталей используют различные признаки [2; 3]. Наиболее значимые из них: геометрическая форма детали и ее отдельных элементов; масса; размеры; функции, выполняемые деталью; материал; показатели точности и др. В качестве классификационных признаков чаще выбирают виды и отношения рабочих поверхностей деталей, на которых создают припуски для последующей обработки резанием с сопутствующей термической обработкой. Рассматриваемое множество деталей представляют матрицей следующего вида:

$$\|C_{ij}\| = \begin{vmatrix} F_1 F_2 & \dots & F_n \\ C_{11} C_{11} & \dots & C_{1n} & a_1 \\ C_{21} C_{22} & \dots & C_{2n} & a_2 \\ \dots\dots\dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{m1} C_{m1} & \dots & C_{mn} & a_m \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где $F = (F_1, F_2, \dots, F_n)$ – множество классификационных признаков деталей; $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ – множество деталей; $i = 1, \dots, n$; $j = 1, \dots, m$; C_{ij} – переменная, принимающая значение 1, если деталь имеет признак F_i , или 0, если такой признак отсутствует.

Объективная классификация деталей требует применения количественного критерия, в качестве которого принимают коэффициент подобия деталей K_n . Этот коэффициент определяют как отношение числа совпадающих признаков n_1 к общему числу признаков деталей этой пары n_2 :

$$K_n = n_1 / n_2. \quad (2)$$

Вначале находят группы деталей с полным совпадением классификационных признаков, для которых $K_n = 1$. Затем эти группы дополняют деталями, совпадающими с каждой из ранее введенных групп не менее как половиной признаков. Если отдельную деталь можно отнести к нескольким группам, предпочтение отдают той, с которой данная деталь имеет наибольшее среднее арифметическое коэффициентов подобия. Из оставшихся деталей образуют новые группы с наиболее полным совпадением классификационных признаков.

Работы по классификации деталей в каждом случае выполняют для конкретных ремонтных предприятий. Основные детали внутреннего сгорания могут быть сведены в следующие группы, проиллюстрированные рисунком: 2 – 3 – 6 – 51; 1 – 4 – 25 – 29 – 30 – 31 – 32 – 33 – 34 – 39 – 40 – 42 – 43 – 44 – 45 – 48; 9 – 10 – 17; 8 – 23 – 36 – 37 – 47; 5 – 27 – 38; 11 – 14 – 15 – 46 – 49; 7 – 21 – 24 – 41 – 50 – 52; 19 – 20 – 22; 26 – 28; 12 – 18 – 35. Эти группы деталей определяются совокупностями признаков [4]:

- детали с цилиндрическими внутренними единичными и групповыми поверхностями с параллельными и перпендикулярными осями, плоскими торцами и стыками, внутренними резьбами: блок цилиндров, крышка распределительных шестерен, головка цилиндров, корпус бензонасоса, картер сцепления;

- детали с цилиндрическими внутренними единичными и групповыми поверхностями с параллельными осями, стыками, внутренними резьбами: труба впускная, крышка коробки толкателей, патрубок выпускной трубы, коллектор выпускной, кожух сцепления, картер масляный, головка бензонасоса, крышка коромысел, корпус масляного насоса, корпус водяного насоса, крышка масляного насоса, корпус карбюратора, крышка карбюратора, смесительная камера;

- детали – тела вращения с наружными соосными и несоосными цилиндрическими и профильными поверхностями, торцами, стыками и внутренними резьбами: вал коленчатый, вал распределительный, поршень;

- детали – тела вращения с наружными цилиндрическими поверхностями: поршневой палец, ось коромысел, валик водяного насоса, валик масляного насоса, плунжер масляного насоса;

- детали – тела вращения с наружными и внутренними соосными цилиндрическими поверхностями: гильза цилиндра, втулка клапана, корпус привода распределителя;

- детали – тела вращения с наружными и внутренними соосными цилиндрическими поверхностями, группами отверстий: шкив, маховик, ступица коленчатого вала;

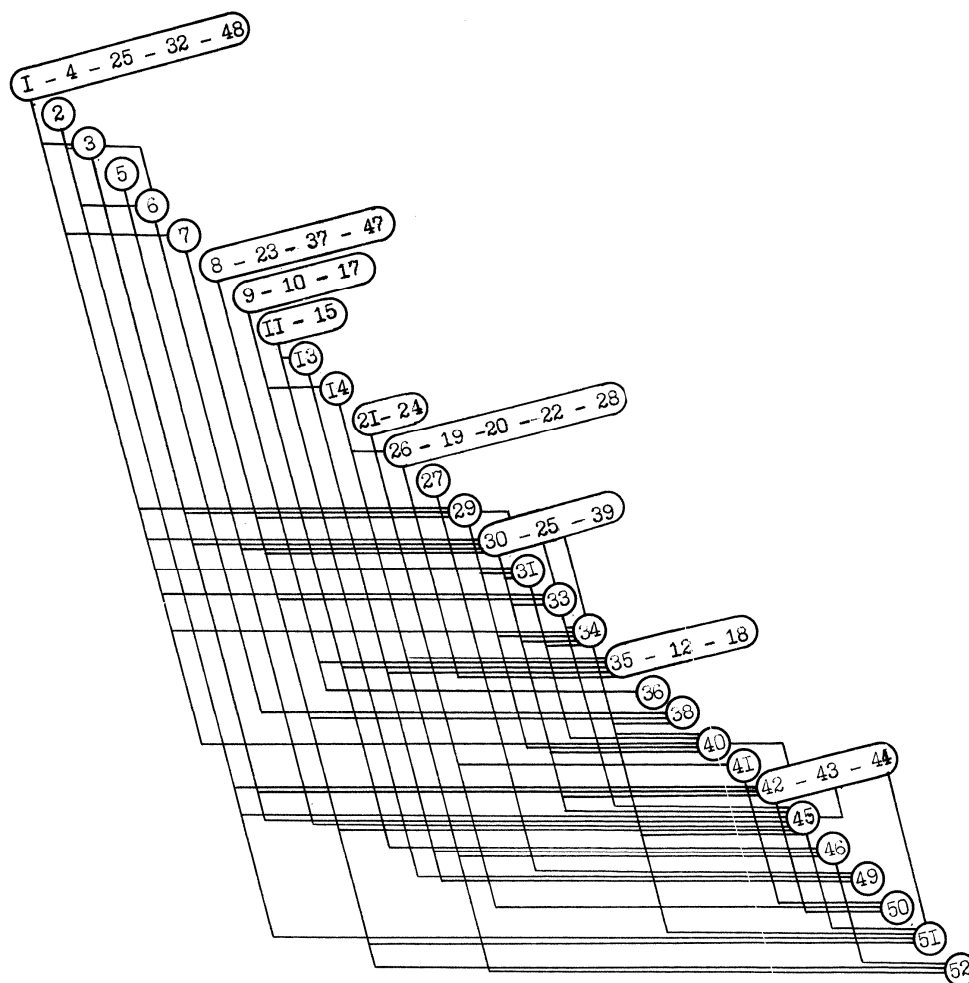
- детали с ориентированными отверстиями, выполненными во втулках, торцами и стыками: шатун, стойка коромысел, коромысло;

- детали с цилиндрическими и сферическими поверхностями: толкатель, штанга;

- детали с цилиндрическими и коническими поверхностями: клапан, седло клапана;

- зубчатые колеса: шестерни коленчатого и распределительного валов, шестерни масляного насоса;

- остальные детали: шайба упорная, храповик и др.

Граф отношений деталей ремонтируемого двигателя ($K_n > 0,5$):

- 1 – кронштейн крепления двигателя; 2 – блок цилиндров; 3 – крышка распределительных шестерен;
 4 – крышка коробки толкателей; 5 – гильза цилиндра; 6 – головка цилиндра; 7 – шатун; 8 – поршневой палец;
 9 – поршень; 10 – вал коленчатый; 11 – маховик; 12 – шестерня; 13 – шайба упорная; 14 – ступица; 15 – шкив;
 16 – храповик; 17 – вал распределительный; 18 – шестерня; 19 – толкатель; 20 – штанга; 21 – коромысло;
 22 – винт коромысла; 23 – ось коромысел; 24 – стойка; 25 – крышка коромысел; 26 – клапан; 27 – втулка клапана;
 28 – седло клапана; 29 – коллектор выпускной; 30 – труба впускная; 31 – патрубок выпускной водяной рубашки;
 32 – картер масляный; 33, 34, 35, 36 и 37 – корпус, крышка, шестерня, вал и плунжер масляного насоса соответственно;
 38 – корпус привода распределителя; 39, 40 и 41 – корпус, головка и рычаг бензонасоса соответственно;
 42, 43 и 44 – корпус, крышка поплавковой камеры и смесительная камера карбюратора соответственно;
 45, 46 и 47 – крышка, крыльчатка и валик водяного насоса соответственно;
 48, 49, 50, 51 и 52 – кожух, диск нажимной, рычаг оттяжной, картер и вилка сцепления соответственно

Наибольшее количество поверхностей деталей двигателей внутреннего сгорания приходится на внутренние цилиндры (29,7 %). Наружные цилиндрические поверхности составляют 14,1 %, поверхности сложного профиля (конические и сферические) – 4,9 %. На резьбы внутренние и наружные приходится соответственно 11,6 и 1,7 % поверхностей. Внутренние полости трех процентов деталей должны быть герметичными. На трущиеся торцы приходится 14,9 %, на стыки – 18,2 % поверхностей.

Наибольшее влияние на надежность отремонтированных агрегатов оказывает качество восстановления групп деталей:

- *неподвижных*: станин, корпусов, картеров, гильз;
- *вращающихся*: валов, дисков, зубчатых колес, кулачков, эксцентриков;
- *движущихся* поступательно: поршней, штоков, ползунов, клапанов;
- *участвующих в преобразовании движений*: рычагов, шатунов, штанг.

Около 90 % трудоемкости и себестоимости работ приходится на восстановление приведенных групп деталей. Технологические процессы их восстановления могут быть организованы как типовые. Многообразие видов восстанавливаемых объектов сокращается при переходе от деталей к их элементам и классификации последних. Элементам деталей соответствуют характерные повреждения и совокупность восстанавливаемых свойств (таблица).

Основные элементы деталей, виды нагрузок и повреждений, восстанавливаемые параметры и свойства

| Элементы (конструкторские модули) | | Разрушающие факторы | Повреждения | Показатели | |
|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|--|--|
| наименование | детали | | | геометрические параметры | эксплуатационные свойства |
| стенки | корпусные детали | удары, гидростатическое давление, вибрации | пробойны, трещины | – | статическая прочность, герметичность |
| стыки плоские | корпусные детали, гильзы, маховики, шкивы | усилие смыкания деталей | деформации | плоскостность, расположение | – |
| поверхности цилиндрические | корпусные детали, подшипники скольжения | силы трения, химически активная среда | деформации, износ | диаметр, цилиндричность, шероховатость | износостойкость |
| внутренние трещины | подшипники скольжения | силы трения, химически активная среда | деформации, износ | диаметр, плоскостность, расположение, шероховатость | износостойкость |
| направляющие плоские | корпусные детали | силы трения, химически активная среда | деформации, износ | диаметр, цилиндричность, шероховатость | износостойкость |
| поверхности отверстий | корпусные детали, шатуны, коромысла | радиальные силы, переменные по величине и направлению | деформации, износ | диаметр, цилиндричность, шероховатость | износостойкость |
| под подшипники | | | | | |
| поверхности отверстий | корпусные детали, валы | – | деформации | диаметр, цилиндричность, шероховатость | – |
| под базирующие штифты | | | | | |
| шейки трущиеся | валы, оси, пальцы | моменты и поперечные силы, переменные по величине и направлению | износ, усталостные трещины | диаметр, цилиндричность, расположение, шероховатость | износостойкость, усталостная прочность |
| вращающиеся | | | | | |
| шки, цилиндрические элементы | валы | крутящие и изгибающие моменты | усталостные трещины | – | статическая и усталостная прочность |
| кулачки, эксцентрики | валы | радиальные силы | износ | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| торцы трущиеся плоские | валы | осевые силы | износ | размеры, плоскостность, шероховатость | износостойкость |
| фланцы с центрирующими поясками | валы | радиальные силы | деформации | размеры, цилиндричность, расположение, шероховатость | – |
| отверстия центровые | валы, оси | – | – | расположение | – |
| отверстия центральные | зубчатые колеса, звездочки, шкивы, диски, маховики | поперечные силы, переменные по величине и направлению | деформации, износ | диаметр, цилиндричность, расположение, шероховатость | износостойкость |
| торцы трущиеся сферические | толкатели | осевые силы | износ | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| резьбы внутренние | корпусные детали, валы | усилия затяжки, вибрации | деформации, износ, разрушение резьбы | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| резьбы наружные | валы, оси | усилия затяжки, вибрации | деформации, износ, разрушение резьбы | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |

Окончание таблицы

| Элементы (конструкторские модули) | | Разрушающие факторы | Повреждения | Показатели | |
|---|----------------------------|---------------------------------------|---|--|--|
| наименование | детали | | | геометрические параметры | эксплуатационные свойства |
| шпицы наружные | валы | | | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| шпицы внутренние | зубчатые колеса, шкивы | силы, нормальные к поверхностям | износ | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| шпоночные пазы | зубчатые колеса, шкивы | силы, нормальные к поверхностям | износ | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| наружные цилиндрические поверхности, движущиеся поступательно | поршни, плунжеры, штоки | силы трения, химически активная среда | износ | размеры, цилиндричность, расположение, шероховатость | износостойкость |
| внутренние цилиндрические поверхности, движущиеся поступательно | гильзы цилиндров | силы трения, химически активная среда | деформации, износ, трещины | размеры, цилиндричность, расположение, шероховатость | износостойкость |
| центрирующие пояски | гильзы цилиндров | радиальные силы | деформации | размеры, форма, шероховатость | – |
| канавки под клиновые ремни | шкивы | силы трения | износ, деформации | размеры, цилиндричность, расположение, шероховатость | износостойкость |
| тела шатунов | шатуны | продольные силы | деформации, трещины | – | усталостная прочность |
| плечи рычагов | рычаги | поперечные силы, моменты | деформации, трещины | – | усталостная прочность |
| бойки коромысел | коромысла | осевые силы, переменные по величине | износ, наклеп | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| конические тарелки | клапаны | осевые силы, переменные по величине | износ, наклеп | размеры, форма, шероховатость | износостойкость |
| зубья эвольвентные и циклоидальные | зубчатые колеса | контактные нагрузки | питтинговый износ, разрушение | размеры, форма, шероховатость | износостойкость, усталостная прочность |
| упругие элементы | пружины, рессоры, торсионы | вибрационные нагрузки | изменение размеров, усталостные трещины, потеря жесткости | размеры | усталостная прочность, жесткость |

Выводы

Организация процессов восстановления деталей, основанная на их классификации, уменьшает трудоемкость технологической подготовки восстановительного производства.

Благодаря классификации деталей снижается количество технологических документов и исполнительных агрегатов технологических машин.

Из технологических модулей восстановления одинаковых элементов разнотипных деталей составляют процессы восстановления конкретных деталей.

Ограниченное количество модульных операций восстановления элементов деталей позволяет формировать неограниченное количество технологических процессов восстановления различных деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология авторемонтного производства: учебник / под общ. ред. К.Т. Кошкина. – М.: Транспорт, 1969. – 568 с.
2. Иванов, В.П. Ремонт машин. Технология, оборудование, организация: учебник / В.П. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Новополоцк: УО «ПГУ», 2006. – 468 с.
3. Иванов, В.П. Ремонт автомобилей / В.П. Иванов, В.К. Ярошевич, А.С. Савич. – Минск: Выш. школа, 2009. – 383 с.
4. Кастрюк, А.П. Ресурсосбережение и качество ремонта агрегатов машин с восстановлением их деталей / А.П. Кастрюк, Т.В. Вигерина. – Новополоцк: ПГУ, 2012. – 200 с.

Поступила 06.07.2015

**IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY TRAINING OF RECONSTRUCTION
OF DETAILS DUE TO THEIR CLASSIFICATION**

A. KASTRUK, A. DUDAN, T. VIGERINA

The question of the need to classify of the details of the repair fund is considered. The use of this classification will significantly reduce the amount of technological and organizational training. In determining the route of reconstruction of the details is not used several routes to eliminate each of the defects, but typical routing technology for groups of parts are made. For the classification of details a variety of characteristics are used such as a geometric shape of the detail and its individual elements, weight, dimensions, functions performed, precision factor and others. The classification of the main parts of internal combustion engine is given, a table of the main elements of detail, types of loads and damages, re-established parameters and properties is made.